


Correlación entre la calidad de la fruta del naranjo y los macronutrientes, considerando el balance de los nutrientes a través de relaciones binarias

Correlation between orange fruit quality and macronutrients considering the nutrient balance through binary relationships

Pedro TORRES¹, Jesús AULAR ¹, Marcos RENGEL², José MONTAÑO² y Yecenia RODRÍGUEZ¹

¹Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado"- Postgrado en Horticultura, Barquisimeto, estado Lara, Venezuela y ²Agri de Venezuela C.A. E-mail: jesusaular@ucla.edu.ve  Autor para correspondencia

Recibido: 29/05/2008 Fin de primer arbitraje: 08/03/2009 Primera revisión recibida: 24/03/2009
Fin de segundo arbitraje: 31/04/2009 Segunda revisión recibida: 06/05/2009 Aceptado: 07/05/2009

RESUMEN

Con el objeto de determinar las correlaciones entre la calidad de la fruta del naranjo y los macronutrientes a nivel foliar, considerando el balance entre los nutrientes a través de relaciones binarias; se realizó un muestreo en un huerto en la localidad de Nirgua, estado Yaracuy, en 30 plantas, de 20 años de edad, de naranjo 'Valencia' injertadas sobre mandarina 'Cleopatra'. En cada planta se tomaron 12 muestras de 12 frutas cada una, a las que se le determinó: masa fresca, espesor de cáscara, porcentaje de zumo, acidez total titulable (ATT), sólidos solubles totales (SST) y el índice de madurez (SST/ATT). Además, se colectaron 15 muestras de tejido foliar para determinar la concentración de los macroelementos esenciales y se calcularon, como producto o cociente, todas las relaciones binarias (es decir: Concentración de elemento A x Concentración de elemento B, Concentración de elemento A/Concentración de elemento B y Concentración de elemento B / Concentración de elemento A). Se evaluó la correlación de Pearson para las variables de calidad y la concentración de los macroelementos, y las diferentes relaciones binarias. Solo se obtuvieron dos correlaciones individuales significativas las cuales fueron entre el K y los SST; y entre el S y el índice de madurez. Se obtuvieron múltiples relaciones binarias correlacionadas estadísticamente con las variables de calidad. Las relaciones binarias explicaron mejor el comportamiento de los datos de las variables calidad que cuando se consideraron solamente las concentraciones foliares individuales de los macronutrientes.

Palabras claves: Cítricos, nivel foliar, correlación, sólidos solubles, acidez total.

ABSTRACT

With the objective of determining the correlations among the quality of the orange fruit and the macronutrients, considering the balance among the nutrients through binary relationships; thirty orange trees (*Citrus sinensis* L. (Os.) cv. 'Valencia' grafted on mandarin 'Cleopatra' were selected in a 20 year-old orchard, in the town of Nirgua, in Yaracuy state. In each plant were collected 12 samples of 12 fruits each and were determined: fresh mass, peel thickness, juice percentage, total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS) and the ratio (TSS/TTA). Fifteen foliar samples were collected to determine the concentration of the essential elements. Later on, the binary relationships (that is to say: concentration of element A x concentration of element B, concentration of element A/concentration of element B; and concentration of element B/concentration of element A) among all macronutrients concentrations and with the rest of the elements were calculated. The Pearson correlation for quality variables and the macroelements concentration was evaluated, and also for quality variables and all binary relationships calculated. Alone two significant correlations was obtained among the macronutrients concentration and the variables of quality, which were between K and TSS, and between S and maturity index. Twenty-seven binary relationships were correlated with quality variables in significant or highly significant shape. The binary relationships explained the data quality variables better than macronutrients foliar concentrations.

Key words: Citrus, correlation, foliar level, total soluble solids, total acidity.

INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2008), en Venezuela para el año 2006 había una superficie total de 27.451

hectáreas (Ha) de naranja, esta área produjo 377.881 toneladas métricas de fruta fresca. Después de las musáceas, las cítricas constituyen el grupo de frutales de mayor importancia en área y volumen de

producción en Venezuela (Aular, 2006). La mayor parte del volumen producido de naranjas es destinado a la agroindustria, por lo que la calidad de la fruta pasa a jugar un papel muy importante y debe ser controlada en lo posible por el productor.

Entre los factores que afectan la calidad de la fruta del naranjo se destacan: el clima (Volpe *et al.*, 2002); la localidad (Aular *et al.*, 2005), el tipo de cultivar y patrón (Wagner *et al.*, 2002; Monteverde *et al.*, 2003); el número de plantas por hectárea (Wheaton *et al.*, 1995); la época de cosecha (Chen, 1990; Aular *et al.*, 2005); y el manejo hortícola, donde destaca la fertilización (Davies and Albrigo, 1994). En relación a la fertilización se destaca que los elementos minerales afectan primero la calidad de los frutos de cítricos en vez de los niveles de producción, como en el caso de la deficiencias de K que puede disminuir el tamaño de los frutos y las deficiencias de P que pueden disminuir el índice de madurez (Mattos *et al.*, 2005a). Por lo que el análisis de suelos y sobre todo el de tejido foliar, juegan un importante papel para definir los parámetros de calidad de la fruta para los árboles de cítricos (Mattos *et al.*, 2005b). La relación entre los elementos minerales y las variables de calidad en frutas del naranjo ha sido estudiada a través de la correlación de Pearson. Así, Fidalski *et al.* (2000) mediante la misma correlacionaron positivamente la masa fresca de las frutas del naranjo con el tenor foliar de calcio en huerto de alta productividad. Se ha encontrado que el efecto que un elemento pueda tener sobre alguna variable de calidad puede variar con la concentración de otro elemento, como lo indicaron De Almeida y Baumgartner (2002) cuando hallaron que el efecto de la dosis de potasio (K) en la calidad de la fruta del naranjo 'Valencia', varió con la dosis de nitrógeno. Estos autores indicaron que en altas dosis de K (150 kg.Ha⁻¹ de K₂O) se incrementó la acidez del zumo solo cuando la dosis de nitrógeno (N) era baja (94 kg.Ha⁻¹). Este efecto de un elemento sobre otro se debe a que para obtener una planta bien nutrida es necesario además de suministrar todos los nutrientes minerales, que éstos estén presentes en los tejidos en proporciones balanceadas (Malavolta, 2006).

Para poder evaluar el efecto de varios elementos sobre la calidad de la fruta a través de la correlación de Pearson es necesario expresar la proporción de tales elementos en un solo número. Tal proporción entre los elementos minerales dentro de las plantas, pueden ser expresadas a través de

relaciones binarias obtenidas de los productos cartesianos de los tenores foliares de pares de elementos, o de los productos cartesianos de un elemento por el inverso de otro elemento, lo cual genera un cociente; como lo señaló Beaufils (1973) al proponer inicialmente el sistema DRIS, o más recientemente Mourão *et al.* (2002). Es decir, para un elemento A y un elemento B, su proporción puede calcularse de dos formas diferentes, como el producto de A por B y se expresa en la forma $A \times B$; ó como el cociente de A por 1/B ó B por 1/A, y se expresan como A/B ó B/A ; respectivamente, obteniéndose al final tres relaciones binarias diferentes que expresan la proporción de un elemento con respecto a otro ($A \times B$, A/B y B/A). Dichas proporciones se utilizan regularmente para el diagnóstico del estado nutricional de los cultivos en función a incrementar los rendimientos, pero hasta ahora poco utilizadas en función de evaluar la calidad de la fruta.

El objetivo de la presente investigación fue determinar las correlaciones entre la calidad de la fruta del naranjo y los niveles foliares de macronutrientes, considerando el balance entre los nutrientes a través de relaciones binarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Frutícola Potrerito, en la localidad de Nirgua, estado Yaracuy, Venezuela; durante el año 2006, en 30 plantas de 20 años de edad, de naranjo 'Valencia' injertadas sobre mandarino 'Cleopatra'. La distancia de siembra es 7 m entre líneas y 4 m en la línea. El huerto recibió la aplicación de prácticas hortícolas rutinarias de riego, combate de malezas y fertilización; esta última consistió en 600 g de nitrógeno; 250 g de fósforo; 750 g de potasio, y 50 g de magnesio; la cual se fraccionó en dos porciones al año. No se aplicaron microelementos. La interpretación del resultado del análisis de suelo de la muestra enviada al laboratorio 'Plant Crops Laboratories', ubicado en York, Inglaterra, UK, fue la siguiente: Nitrógeno (Normal); Fósforo (Normal); Potasio (Normal); Calcio (Débil); Magnesio (Bajo) y Azufre (Bajo).

Para determinar la calidad de la fruta en cada una de las 30 plantas se tomaron 12 muestras, de 12 frutas cada una, a las que se le determinó: masa fresca, espesor de cáscara, rendimiento en zumo (Aular, 2006; Aular y Aular-Rodríguez, 2007), acidez total titulable (ATT), sólidos solubles totales (SST) y el

índice de madurez (relación SST/ATT) (AOAC, 1980; Tressler y Joslyn, 1961).

Se colectaron 15 muestras de tejido foliar, una por cada par de plantas adyacentes, según la metodología de Laborem *et al.* (1983), se determinaron los tenores foliares de los elementos por espectrometría de emisión atómica con plasma de argonio, como lo describe Malavolta *et al.* (1997); y se calcularon todas las relaciones binarias entre los valores de los tenores del nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S); tanto productos como cocientes. Luego de verificar la normalidad se calculó el coeficiente de correlación entre las variables de calidad y los tenores de los elementos en las hojas, y también entre las variables de calidad y las diferentes relaciones binarias. La significancia de tales correlaciones se evaluaron para probabilidades $\alpha = 0,05$ y $\alpha = 0,01$ en una prueba a dos colas. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el programa CoStat 6.003 y la hoja de cálculo Excel 2003. Para cada elemento y sus relaciones binarias se elaboraron cuadros en donde solo se muestran las correlaciones con significación estadística y se indica el signo de la relación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rango de los datos

El rango de las concentraciones de los elementos esenciales determinados, en el tejido foliar del naranjo, en el presente estudio puede observarse en el Cuadro 1. En general estos valores se consideran adecuados para el N, P, Ca, y S; altos para K, y deficientes para Mg, según Embleton *et al.* (1973), Malavolta *et al.* (1997), y Maldonado *et al.* (2001).

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del N y con su proporción con el resto de los elementos

No hubo ninguna correlación significativa para las relaciones entre el N y las variables de calidad de las frutas del naranjo; sin embargo, a partir de las relaciones binarias realizadas con el N se obtuvieron varias correlaciones significativas (Cuadro 2). Se obtuvo una correlación positiva entre la masa fresca de los frutos y la relación N/K, lo cual indica que incrementos del tenor foliar de N se correlacionan con aumentos de la masa de los frutos cuando el tenor foliar K disminuye; aunque se ha reportado que

aplicaciones de N disminuyen la masa de los frutos y que las de K lo aumentan (Mattos *et al.*, 2005b).

Se obtuvo una correlación negativa entre el porcentaje de zumo y las relaciones N/Ca, esto concordó con lo señalado por Malavolta *et al.* (2008), el cual indicó que deficiencias de N aumentan el porcentaje de zumo y que deficiencias de Ca lo reducen; aunque se ha reportado que el S incrementa el porcentaje de zumo (Malavolta y Netto, 1989).

La relación NxS se correlacionó de forma positiva con la ATT y en forma negativa con el índice de madurez; lo cual indicó que aumentos en el tenor de N aumentaron la ATT y disminuyeron el mencionado índice, cuando el tenor de S se incrementó. Esto coincide con el incremento en la ATT al incrementarse el porcentaje de N en las hojas de cítricos (Zekri y Obreza, 2003b), y con la disminución de los valores de la relación SST/ATT, debido a efectos del N en cítricos (Mattos *et al.*, 2005a; Malavolta *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Valores medios, mínimos y máximos de la concentración de los macroelementos esenciales en el tejido foliar del naranjo 'Valencia', en un huerto de Nirgua, Estado Yaracuy, Venezuela.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	%					
Med	2,59	0,16	2,01	3,00	0,18	0,16
Min	2,17	0,13	1,42	2,14	0,14	0,13
Max	2,94	0,19	2,60	4,17	0,24	0,19

Med = Media, Min = Mínimo y Max = Máximo

Cuadro 2. Intervalo de las relaciones binarias del N y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relaciones	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Correlación
N/P	13,68	19,38	ATT	+
N/P	13,68	19,38	STT/ATT	-
N/K	1,04	1,63	Masa	+
N/Ca	0,53	1,29	% Zumo	-
N x S	0,34	0,51	ATT	+
N x S	0,34	0,51	STT/ATT	-

+: Correlación positiva significativa.

-: Correlación negativa significativa.

++: Correlación positiva altamente significativa.

--: Correlación negativa altamente significativa.

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del P y con su proporción con el resto de los elementos

No hubo ninguna correlación significativa entre el tenor foliar de P y las variables de calidad de las frutas del naranjo; sin embargo, a partir de las relaciones binarias realizadas con el P se obtuvieron varias correlaciones significativas (Cuadro 3).

El porcentaje de zumo se correlacionó en forma positiva con la relación PxCa. Esto coincidió con lo obtenido por (Vitti, 1992); quien halló que el incremento en el tenor de P incrementa el porcentaje de zumo; sin embargo, Mattos *et al.* (2005a) no encontraron relación entre las aplicaciones de P y el porcentaje de zumo en tangerinas.

La ATT tuvo una correlación negativa con la relación binaria P/K, lo que indicó que el incremento en el tenor de P con respecto al tenor de K se correlaciona con la disminución de la ATT. Esto concordó con la disminución de la ATT reportada como efecto de incrementos del P en el naranjo, y con el aumento de la ATT como efecto de aumentos del K (Malavolta *et al.*, 2008).

Los valores de SST mostraron a su vez una correlación negativa con la relación P/K, lo cual no coincidió con lo hallado por Mattos *et al.* (2005a) para mandarinos y por Quaggio *et al.* (2002) para limoneros, los cuales señalan que el P no tiene efecto sobre los SST.

El índice de madurez se correlacionó positivamente con las relaciones binarias P/K, P/Mg, y P/S; esto concordó con el incremento de este índice debido al efecto del P reportado en cítricos (Zekri y Obreza, 2003b; Vitti, 1992), aunque es contrario a lo señalado por Quaggio *et al.* (2002), los cuales no encontraron efecto del P en el mencionado índice cuando fue evaluado en frutos de limonero.

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del K y con su proporción con el resto de los elementos

Las correlaciones significativas del tenor foliar de K y las relaciones binarias con las variables de calidad de las frutas del naranjo 'Valencia' pueden observarse en el Cuadro 4. Se encontró una correlación negativa entre la masa de los frutos y la relación K/N; lo cual parece contrario a lo señalado

por Obreza (2003), en grapefruit (*Citrus paradisi* Maf.) y por Du Plessis (1992), en naranja, quienes verificaron el efecto que tiene el K en incrementar el tamaño y la masa de los frutos en cítricos. No obstante, se debe resaltar que la concentración foliar de K en las muestras que utilizaron Obreza (2003) y Du Plessis (1992) en sus estudios no sobrepasaron el 1,5 %, en la mayoría de los casos, y en el presente

Cuadro 3. Intervalo de las relaciones binarias del P y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relaciones	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Correlación
P/N	0,052	0,073	ATT	-
P/N	0,052	0,073	STT/ATT	++
P/K	0,062	0,104	ATT	-
P/K	0,062	0,104	STT	-
P/K	0,062	0,104	STT/ATT	++
P x Ca	0,98	0,59	% Zumo	+
P/Mg	0,77	1,06	STT/ATT	+
P/S	0,68	1,46	STT/ATT	+

+: Correlación positiva significativa.

-: Correlación negativa significativa.

++: Correlación positiva altamente significativa.

--: Correlación negativa altamente significativa.

Cuadro 4. Intervalo de las relaciones binarias del K y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relaciones	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Correlación
K	1,42	2,60	STT	+
K/N	0,62	0,96	Masa	-
K/N	0,62	0,96	STT	+
K/P	9,63	16,19	ATT	+
K/P	9,63	16,19	STT	+
K/P	9,63	16,19	STT/ATT	--
K/Ca	0,35	1,18	% Zumo	-
K x Ca	4,49	7,44	ATT	+
K x Ca	4,49	7,44	STT/ATT	-
K x Mg	0,20	0,60	% Zumo	-
K/Mg	8,75	14,39	STT/ATT	-
K x S	0,24	0,44	% Zumo	-
K x S	0,24	0,44	ATT	+
K x S	0,24	0,44	STT	+
K x S	0,24	0,44	STT/ATT	-

+: Correlación positiva significativa.

-: Correlación negativa significativa.

++: Correlación positiva altamente significativa.

--: Correlación negativa altamente significativa.

estudio la mayoría de las muestras superaron tal concentración. A su vez Fidalski *et al.* (2000) no encontraron correlación entre el tenor de K en las hojas y la masa de los frutos, en muestras que superaban en promedio 1,56 % de K en las hojas. Por lo cual, se puede deducir que el incremento en la concentración de K en las hojas se relacionó con el aumento en el tamaño de los frutos, hasta que tal concentración llega a un punto cercano a 1,5 %, y de allí en adelante el incremento en la concentración de K no producirá aumentos significativos en la masa de los frutos.

El porcentaje de zumo se correlacionó en forma negativa con las relaciones binarias K/Ca, KxS, y KxMg; indicando esto, que el K tiende a disminuir el porcentaje de zumo, tal como lo señalan Obreza (2003); y Srivastava *et al.* (2006); pero, según el presente estudio solo el incremento de la proporción de K con respecto a los tenores foliares de Ca, o el incremento conjunto de los tenores de K con los tenores foliares de Mg disminuyen el porcentaje de zumo de manera significativa.

Los valores de ATT mostraron a su vez una correlación positiva con las relaciones binarias K/P, y KxCa; indicando esto, que el K tiende a incrementar la ATT, tal como lo señalan Obreza (2003) y Srivastava *et al.* (2006); pero solo cuando se incrementa la proporción de K con respecto a la de P, ó el incremento conjunto de los tenores de potasio con los tenores foliares de Ca y S; incrementan la ATT de manera significativa.

Se encontró una correlación positiva entre los SST y los tenores foliares de K, lo cual concordó con lo indicado por POTAFOS (1999); pero resultó contrario a lo señalado por Srivastava *et al.* (2006). Se debe destacar que según Mattos *et al.* (2004), una disminución de los SST al incrementarse la concentración de K, puede ser resultado de una dilución producida por el incremento en el tamaño de los frutos.

A pesar de que el tenor de K en los tejidos dio una correlación positiva con los SST, el valor de la correlación de Pearson aumentó cuando se utilizaron diferentes relaciones binarias con el K, es decir K/N, K/P, y KxS; lo cual significó que la disminución de la proporción de N, y P con respecto al tenor de K, ó el incremento conjunto de los tenores de K con los tenores foliares de S; acentuaron el efecto del K en incrementar los SST.

El índice de madurez se correlacionó negativamente con las relaciones K/P, K/Mg, KxCa, y KxS; lo que concordó con la disminución del SST/ATT que reportan varios autores al incrementarse el tenor foliar de K (Malavolta *et al.*, 2008; Mattos *et al.*, 2005a).

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del Ca y con su proporción con el resto de los elementos

El tenor foliar de Ca no obtuvo ninguna correlación significativa con las variables de calidad de las frutas del naranjo (Cuadro 5); sin embargo, a partir de las relaciones binarias realizadas con el Ca se obtuvieron varias correlaciones significativas.

El porcentaje de zumo se correlacionó en forma positiva con las relaciones Ca/S, y CaxP; esto coincidió con algunos reportes previos que indican que deficiencias de Ca reducen el porcentaje de zumo (Zekri y Obreza, 2003a). Además puede observarse que la disminución de la proporción de S con respecto al tenor de Ca, ó el incremento conjunto de los tenores de Ca con los tenores foliares de P, acentuaron el efecto del Ca en incrementar el porcentaje de zumo.

La ATT tuvo una correlación positiva y el índice de madurez se correlacionó negativamente con la relación binaria Ca x K, lo que indicó que el incremento conjunto en el tenor de Ca y el tenor de K se correlaciona con el aumento de la ATT y con la disminución del índice de madurez; esto pareciera contrario al efecto del calcio sobre la ATT y el mencionado índice que señalaron Mattos *et al.* (2005a), pero esto quizás es debido a que a pesar de su efecto individual, incrementos en la concentración de calcio aumenten el efecto de la concentración de potasio sobre las variables señaladas.

Cuadro 5. Intervalo de las relaciones binarias del Ca y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relaciones	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Correlación
Ca x P	0,38	0,59	% Zumo	+
Ca x K	4,49	7,44	ATT	+
Ca x K	4,49	7,44	STT/ATT	-
Ca/S	12,94	24,44	% Zumo	++

+: Correlación positiva significativa.

-: Correlación negativa significativa.

++: Correlación positiva altamente significativa.

--: Correlación negativa altamente significativa.

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del Mg y con su proporción con el resto de los elementos

El tenor foliar de Mg no tubo ninguna correlación significativa con las variables de calidad de las frutas del naranjo 'Valencia'; sin embargo, a partir de las relaciones binarias realizadas con el Mg se obtuvieron varias correlaciones significativas, como puede observarse en el Cuadro 6.

El porcentaje de zumo se correlacionó en forma negativa con las relaciones Mg/Ca, Mg x K, y Mg x S. Puede observarse que el incremento de la proporción de Mg con respecto al Ca, ó el incremento conjunto de los tenores de Mg con los tenores foliares de K; realizaron el efecto del Mg en disminuir el porcentaje de zumo. Lo cual pareciera contrario a lo señalado por Mattos *et al.* (2005a), los cuales no encontraron relación entre el contenido de zumo y el tenor de magnesio, pero ellos no consideraron la concentración de Ca y K.

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del S y con su proporción con el resto de los elementos

La correlaciones significativas del tenor foliar de S y las relaciones binarias con las variables de calidad de las frutas del naranjo pueden observarse en el Cuadro 7.

Se obtuvo una correlación negativa entre el porcentaje de zumo y las relaciones S/Ca, S x K y S x Mg, esto resultó contrario a lo señalado por Del Rivero (1968), el cual indica que deficiencias de azufre disminuyen el contenido de zumo. Los valores de ATT mostraron a su vez una correlación con las relaciones binarias S x N, S x K y S x Mn. La relación S x K también mostró correlación positiva con los valores de SST. Referente al índice de madurez, este se correlacionó negativamente con el tenor de S y con las relaciones S x N, S x P, y S x K, mostrando que el S tiene un efecto marcado sobre el índice de madurez. En relación al efecto del S sobre estas tres variables no se encontró ningún reporte.

CONCLUSIONES

- El tenor foliar de potasio se correlacionó positivamente con el contenido de sólidos solubles totales del zumo de las frutas del naranjo.

- La acidez total titulable disminuyó cuando el tenor fósforo aumentó en relación a otros elementos, mientras que esta acidez se incrementó cuando el tenor de nitrógeno o potasio aumentaron su proporción en relación al resto de los elementos.
- El índice de madurez aumentó cuando el tenor de fósforo se incrementó en relación al de otros elementos, y disminuyó cuando se incrementaron los tenores de nitrógeno, potasio o azufre.
- El porcentaje de zumo aumentó cuando el tenor de calcio se incrementó en relación a otros elementos, mientras que el incremento del magnesio lo disminuyó.

Cuadro 6. Intervalo de las relaciones binarias del Mg y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relaciones	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Correlación
Mg/P	0,94	1,29	STT/ATT	-
Mg x K	0,20	0,60	% Zumo	-
Mg/Ca	0,03	0,11	% Zumo	-
Mg x S	0,021	0,040	% Zumo	-

- +: Correlación positiva significativa.
 -: Correlación negativa significativa.
 ++: Correlación positiva altamente significativa.
 --: Correlación negativa altamente significativa

Cuadro 7. Intervalo de las relaciones binarias del S y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relaciones	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Correlación
S	0,13	0,19	SST/ATT	-
S x N	0,34	0,31	ATT	+
S x N	0,34	0,31	SST/ATT	--
S/P	0,68	1,46	SST/ATT	-
S x K	0,24	0,44	% Zumo	-
S x K	0,24	0,44	ATT	+
S x K	0,24	0,44	SST	+
S x K	0,24	0,44	SST/ATT	-
S/Ca	0,041	0,077	% Zumo	--
S x Mg	0,021	0,040	% Zumo	-

- +: Correlación positiva significativa.
 -: Correlación negativa significativa.
 ++: Correlación positiva altamente significativa.
 --: Correlación negativa altamente significativa

- Las relaciones binarias de los macronutrientes con los elementos esenciales explicaron mejor el comportamiento de las variables de calidad de las frutas de naranja 'Valencia', que cuando se consideraron los tenores foliares de los macronutrientes de manera individual.

AGRADECIMIENTO

Proyectos UCLA-LOCTI Nro. 526-AG-2007, Nro. 536-AG-2007.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1984. Official methods of analysis, 13 TH Edition. Association of official analytical chemistry. Washington DC. 1141 p.
- Aular, J.; M. Camacaro, Y. Rodríguez y B. Pineda. 2005. Calidad del fruto del naranjo durante la cosecha en tres localidades de Venezuela. *Proc. Inter. Soc. Trop. Hort.* 48:181-184.
- Aular, J. 2006. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela In: Aular, J. (ED) Memoria del IX Congreso Venezolano de Fruticultura. Barquisimeto, Venezuela. p. 5-9.
- Aular, J. y J. Aular Rodríguez. 2007. Calidad de la naranja proveniente de Yumare, Venezuela, y su evolución en el periodo de zafra. *Bioagro.* 19(3):169-174.
- Beaufils, E. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Soil science bulletin* Nro. 1. 131p.
- Chen, C. 1990. Models for seasonal changes in °Brix and ratio of citrus fruit juice. *Proc. Fla. State. Hort. Soc.* 103:251-255
- De Almeida, M. e J. Baumgartner. 2002. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção e na qualidade de frutos de laranjeira 'Valência'. *Rev. Bras. Fruti.* 24(1):282 - 284.
- Davies; F. and L. Albrigo. 1994. Citrus. Crop production science in horticulture 2. CAB International. UK. 254 p.
- Del Rivero, J. 1968. Los estados de carencia en los agrios. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 510 p.
- Du Plessis. 1992. Relationship between nutritional elements, yield and fruit quality of citrus tree. In: L. Donadio (Ed). *Proceedings of second international seminar on citrus - physiology.* FUNEP. Bebedouro. p. 123 - 137.
- Embleton, T.; W. Jones, C. Labonauskas and W. Reuther. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. In: W. Reuther, L. Batchelor y H. Webber (EDS). *The citrus industry.* División of Agricultural Sciences, University of California. Berkeley. p. 183-210.
- FAO. 2008. FAOSTAT. <http://http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx> (10/03/08).
- Fidalski, J.; P. Auler and V. Tormen. 2000. Relations among Valencia orange yields with soil and leaf nutrients in northwestern Paraná, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 43(4):387 - 391.
- Laborem, G.; M. Wagner, J. Ruiz y H. Rodríguez. 1983. Evaluación nutricional y calidad de la fruta naranja 'Valencia' bajo condiciones de riego. *Agronomía Tropical* 33:43 - 69.
- Malavolta, E.; H. Casale y C. Piccin. 2008. Síntomas de desórdenes nutricionales en la naranja. *Internacional Plant Nutrition Institute.* www.ipni.net (revisado el 26-02-2008).
- Malavolta, E. 2006. Relación entre el fósforo y el zinc. *Informaciones Agropecuarias.* 63: 12-13.
- Malavolta, E. e A. Netto. 1989. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citricos. *Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato.* Piracicaba, Brasil. 153 p.
- Malavolta, E.; G. Vitti e S. De Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações. 2ª Edição. Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Piracicaba, Brasil. 319 p.
- Maldonado, R.; J. Etchevers, G. Alcántar, J. Rodríguez y M. Colinas. 2001. Estado nutrimental del limón mexicano en suelos calcimorficos. *Terra* 19 (2): 163-174.
- Mattos, D.; O. Bataglia e J. Quaggio. 2005a. Nutrição dos citros. In: D. Mattos, J. De Negri, R. Pio y J.

- Pompeu (EDS). Citrus. Centro APTA Citros Sylvio Moreira. Brasil. p. 198-219.
- Mattos, D.; J. Quaggio and H. Cantarella. 2005b. Nitrogen and potassium fertilization impacts fruit yield and quality of citrus. *Better Crops* 89 (2): 17-19.
- Mattos, D.; J. Quaggio, H. Cantarella e S. Alves de Carvalho. 2004. Superfícies de resposta do tangor ‘Murcott’ á fertilização com N, P e K. *Rev. Bras. Fruti.* 26 (1): 164-167.
- Monteverde, E.; G. Laborem, C. Marín, J. Ruiz y M. Rodríguez. 2003. Evaluación de seis selecciones de naranjos con frutos de maduración temprana sobre dos portainjertos en los valles altos de Carabobo, Venezuela. *Agronomía Tropical* 53 (3): 347-365.
- Mourão, F.; J. Azevedo e J. Nick. 2002. Funções e orden da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranjeira ‘Valência’. *Pesq. Agropec. Bras.* 37 (2): 185-192.
- Obreza, T. 2003. Importance of potassium in a Florida citrus nutrition program. *Better Crops* 87 (1): 19-22.
- Quaggio, J; D. Mattos, H. Cantarella, E. Almeida, and S. Cardoso. 2002. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. *Scientia Horticulturae* 96: 151-162.
- POTAFOS. 1999. Efecto del potasio en la madurez de los cultivos. *Informaciones Agronómicas* 37: 12-13.
- Srivastava, A.; S. Singh and K. Tiwari. 2006. Site-specific nutrient management in mandarin orchards. *Better Crops* 90 (2): 22-24.
- Tressler, D. and M. Joslyn. 1961. Fruits and vegetables juice-processing technology. AVI Publication. Wetsport.
- Vitti, C. 1992. Nutrition and growth of citrus plants. *In: L. Donadio (ED). Proceedings of second international seminar on citrus - physiology.* Funep. Bebedouro. p. 139-158.
- Volpe, C.; E. Schöffel; e J. Barbosa. 2002. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas “Valencia” e “Natal” na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco”. *Rev. Bras. Frutic.* 24 (2): 436-441.
- Wagner, M., G. Laborem, C. Marín, G. Medina y L. Rangel. 2002. Efecto de diferentes patrones de cítricas e intervalos de riego sobre la calidad y producción de la naranja Valencia. *Biaagro* 14 (2): 71-76.
- Wheaton, T.; J. Whitney, W. Castle, R. Murano, H. Browning and D. Tucner. 1995. Citrus scion and rootstock, topping height and tree spacing affect tree size, yield, fruit quality and economic return. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (5): 861-870.
- Zekri M. and T. Obreza. 2003a. Macronutrient deficiencies in citrus: calcium, magnesium, and sulfur. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. EDIS SL 202. Gainesville, Estados Unidos. 3 p.
- Zekri M. and T. Obreza. 2003b. Macronutrient deficiencies in citrus: nitrogen, phosphorus and potassium. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. EDIS SL 201. Gainesville, Estados Unidos. 3 p.